



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2015100327/13, 12.01.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
12.01.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 12.01.2015

(45) Опубликовано: 20.08.2016 Бюл. № 23

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: SU 363523A1, 25.12.1972. RU 2182926 C1, 27.05.2002. RU 2167829 C2, 27.05.2001. WO 2011000084 A, 06.01.2011.

Адрес для переписки:

620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19, УрФУ,  
Центр интеллектуальной собственности, Марк  
Т.В.

(72) Автор(ы):

Щеклеин Сергей Евгеньевич (RU),  
Попов Александр Ильич (RU),  
Бурдин Игорь Анатольевич (RU),  
Горелый Константин Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

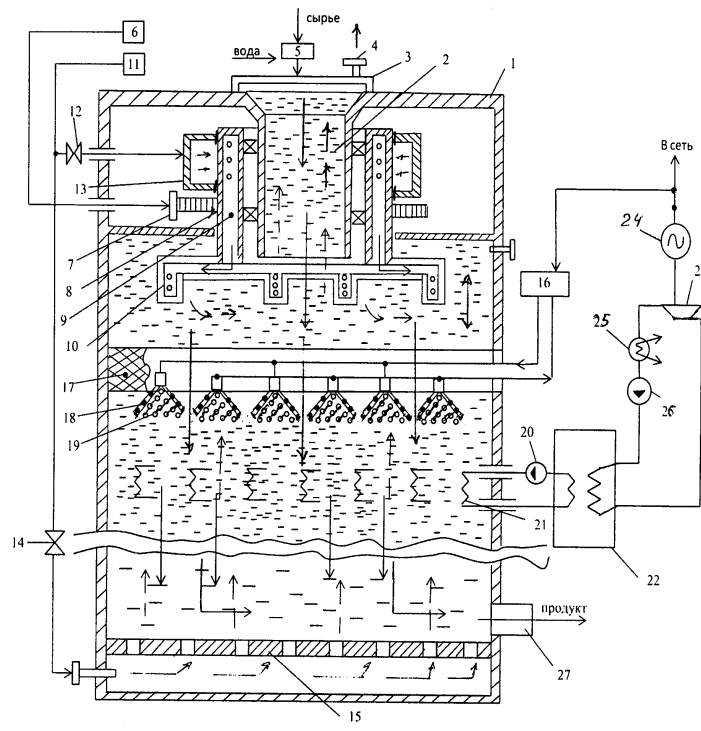
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Уральский федеральный  
университет имени первого Президента  
России Б.Н. Ельцина" (RU)

**(54) РЕАКТОР ДЛЯ АЭРОБНОЙ ФЕРМЕНТАЦИИ БИОМАССЫ**

(57) Реферат:

Изобретение используется в сельском и лесном хозяйстве. Цилиндрический термостатированный корпус реактора установлен вертикально и содержит трубу загрузочного устройства, соединенную через подшипниковые узлы с кольцевой пустотелой трубой мешалки, на выходе которой подключена гребенка с отверстиями. Вращение трубы мешалки вокруг трубы загрузочного устройства осуществляется реверсивным электроприводом через редуктор, соединенный с венцовой шестерней на трубе мешалки. Предварительный разогрев биомассы происходит за счет восходящих газов в загрузочной трубе, а начало фазы экспоненциального роста биомассы осуществляется в зоне гребенки при интенсивном

перемешивании сырья и насыщении его кислородом. Также в корпусе размещены на изолированной пластине угольные электроды, соединенные попарно источником питания, а внутри они содержат ершовую биозагрузку, способствующую электроудерживанию и размножению бактерий. Для регулирования температуры и отбора избыточной тепловой энергии использованы теплообменник корпуса, соединенный через циркуляционный насос с теплоаккумулятором, подключенным к низкпотенциальному контуру, содержащему паровую турбину, конденсатор и второй циркуляционный насос. Изобретение позволяет производить ускоренную аэробную твердофазную ферментацию биомассы. 1 ил.





FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 595 143** (13) **C1**  
(51) Int. Cl.  
**A01C 3/00** (2006.01)

## (12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2015100327/13, 12.01.2015

(24) Effective date for property rights:  
12.01.2015

Priority:

(22) Date of filing: 12.01.2015

(45) Date of publication: 20.08.2016 Bull. № 23

Mail address:

620002, g. Ekaterinburg, ul. Mira, 19, UrFU, TSentr  
intelektualnoj sobstvennosti, Marks T.V.

(72) Inventor(s):

**SHCHeklein Sergej Evgenevich (RU),  
Popov Aleksandr Ilich (RU),  
Burdin Igor Anatolevich (RU),  
Gorelyj Konstantin Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Uralskij federalnyj universitet  
imeni pervogo Prezidenta Rossii B.N. Eltsina"  
(RU)**

## (54) REACTOR FOR AEROBIC FERMENTATION OF BIOMASS

(57) Abstract:

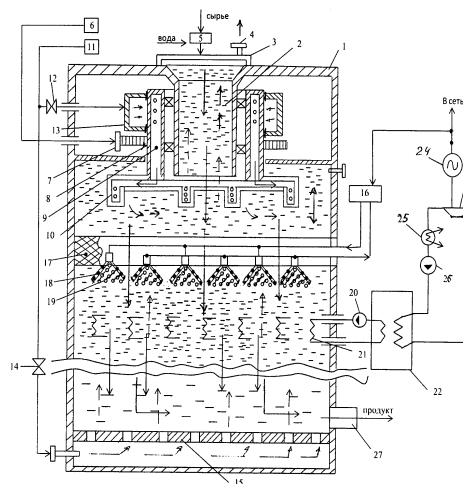
FIELD: agriculture.

SUBSTANCE: cylindrical temperature-controlled reactor housing is installed vertically and comprises a loading device pipe connected via bearing assemblies with an annular hollow pipe of a mixer, to the output of which there is connected a comb with holes. Mixer pipe rotation around the pipe of the loading device is ensured by a reversible electric drive via a reduction gear, connected with the ring gear on the mixer pipe. Preliminary heating of biomass is performed due to ascending gases in the feeding pipe, and the beginning of the phase of exponential growth of the biomass is carried out in the zone of the comb during intense mixing of raw materials and its saturation with oxygen. Also, inside the body on an insulated plate, there are arranged angle electrodes connected in pairs by a power supply source; inside, they contain a brush bio-loading promoting electric retention and generation of bacteria. For temperature control and selection of excess thermal energy a heat exchanger body is used, connected

through a circulation pump with a heat accumulator, connected to a low-potential circuit comprising a steam turbine, a condenser and the second circulation pump.

EFFECT: invention makes it possible to perform accelerated aerobic solid-phase fermentation of biomass.

1 cl, 1 dwg



Изобретение относится к сельскому и лесному хозяйству, в частности к переработке животноводческих и других биоотходов, а также к переработке органического сырья, содержащегося, преимущественно, в твердых бытовых отходах.

Известны устройства, способы и системы подобного назначения, предназначенные для аэробного сбраживания, например «Способ переработки навоза на удобрение», авторов Глазкова И.К., Ковалева Н.Г., Туманова И.Г. по патенту РФ №1813085 [1].

Сущность данного способа заключается в послойной укладке навоза и влагопоглощающего органического материала, перемешивании этих компонентов в месте компостирования и последующем аэробном сбраживании в ферментаторе при периодическом вентилировании, причем перед компостированием смесь компонентов укрывают слоем готового компоста.

Недостатком данного способа и устройств, реализующих этот способ, является длительное компостирование даже при благоприятных внешних условиях (более 7 суток) и низкая производительность ферментатора, в том числе за счет возврата для запуска новой порции смеси компонентов - ранее уже приготовленного органического удобрения (согласно приведенного в описании патента примера его слой должен составлять 10 см).

Известна также «Установка для переработки органических отходов в удобрение» авторов Егина Н.Л. и Мирчетича С.М. по авторскому свидетельству СССР №1706423, МПК A01C 3/00 [2].

Данное устройство содержит ленточный транспортер с электроприводом, бункеры-накопители для навоза, торфа и помета, емкость для биопрепарата, устройство для разогрева отходов, устройства для осушения и увлажнения отходов, трубопроводы с электронасосами, датчиками влажности и фильтрами.

Недостатком данного устройства является большая сложность в реализации из-за громоздкости конструкции и трудностями с технологией переработки, которая сводится к контролю влажности сырья.

Кроме того, при каждой загрузке новой порции материала требуется его разогрев через электроды, опущенные в сырье от внешнего силового источника питания, на что затрачивается значительная энергия.

Известен «Способ приготовления компоста многоцелевого назначения» авторов Ковалева Н.Г., Малинина Б.М. и Туманова И.П. по патенту РФ №2112764, МПК C05F 3/00 и пример его реализации, изложенный в описании к патенту [3].

По данному патенту выполняют послойную укладку навоза и влагопоглощающего материала, перемешивают, помещают в ферментер и производят аэробное компостирование в течение 3...4 суток при аэрировании кислородосодержащим газом.

Недостатком данного способа является его низкая производительность, обусловленная отсутствием непрерывного процесса ферментации вновь поступающего сырья. Кроме того, ферментером в данном случае является туннельная траншея, что ограничивает круглогодичное использование данного способа.

Известна «Установка для приготовления компостов» авторов Рабиновича Р.М., Ковалева Н.Г. и др. по свидетельству на полезную модель №39599, МПК C05F 3/00 [4]. Данная установка и варианты приготовления компостов описаны также в докторской диссертации Рабиновича Р.М. [5].

Данная установка содержит каскад емкостей для ферментируемой смеси с крышкой, воротами и гнездами для установки термометра, кислородомера и воздуходувку с системой напорных воздуховодов, установленных в днище емкости, причем каскад емкостей смонтирован в одном корпусе.

В данном устройстве также ферментация осуществляется не непрерывно, а эпизодически в каждой отдельной емкости от момента ее загрузки и до окончания процесса. Для предварительного разогрева загруженной в емкость массы необходимо затратить тепловую энергию (подать горячую воду, горячий воздух или пропустить

5 через специальные электроды электрический ток), причем тепловая энергия разогревшейся позднее биомассы до 70°C не используется и ее температура (перегрев - пережог массы) не контролируется. Кроме того, использовать данное устройство в зимних условиях не представляется возможным.

Наиболее близким по сути техническим решением (прототипом), осуществляющим

10 непрерывную твердофазную ферментацию органического сырья, является «Биотермический барабан» по авторскому свидетельству СССР №363523 авторов Мягкова М.И., Алексеева Г.М. и др., МПК В02С 17/18 [6].

Биотермический барабан для переработки бытового мусора содержит цилиндрический корпус, загрузочное и разгрузочное устройства, выхлопные патрубки, компрессор для

15 подачи воздуха во внутрь корпуса и шнековые лопасти для перемещения сырья при горизонтальном (с небольшим углом наклона в сторону выхода) положении корпуса.

При принудительном разогреве и медленном вращении биобарабана в течение нескольких суток происходит отделение металла, пластмассы и дерева от биосырья. На выходе корпуса производят методом грохочения разделение этих продуктов и

20 частично сброженные органические виды сырья направляются для дальнейшей ферментации в специальные туннели или бассейны выдержки на срок до 30...40 дней.

Доля биосырья в барабане от 5 до 12% и за время нахождения в корпусе оно не успевает пройти даже первую стадию ферментации «лаг-фазу».

Биобарабаны типа КМ-101Л являются огромными сооружениями (диаметром 4

25 метра и длиной 30 или 60 метров), для вращения которых и на разогрев всей массы бытового мусора требуются большие затраты энергии [7]. Кроме того, на эксплуатацию данного устройства также накладываются сезонные ограничения, поэтому процессы ферментации в биобарабане не являются непрерывными.

Задачей настоящего изобретения является устранение указанных недостатков.

30 Технический результат предлагаемого решения заключается в следующем:

- повышение эффективности работы реактора и ускорение аэробной ферментации за счет подачи очередной порции биосырья в зону реактора, в которой происходит фаза экспоненциального роста культуры микробов при одновременном перемешивании и аэрации определенного объема массы в данной зоне;

35 - повышение эффективности аэробной ферментации за счет культивирования и электроудерживания сообщества микроорганизмов внутри корпуса и их рециркуляцию в сбрасываемую биомассу путем установки в зоне экспоненциального роста бактерий уголкового перфорированных электродов, подключенных к источнику питания, причем внутри электродов размещена ершовая биозагрузка;

40 - повышение эффективности процесса аэробной ферментации за счет регулирования температуры сбрасывания и отбора излишней тепловой энергии, приводящей к пережогу сырья, путем размещения в нижней зоне экспоненциального роста бактерий теплообменников, соединенных с тепловым аккумулятором, передающим далее тепловую энергию посредством низкотемпературного рабочего тела (например, фреона)

45 на паровую турбину, соединенную с электрическим генератором, что позволяет также вырабатывать электрическую энергию (система ORC);

- ускорение аэробного процесса за счет пропуска горячего кислородосодержащего газа из зоны экспоненциального роста бактерий в загрузочное устройство для разогрева

вновь поступающей биомассы;

- сокращение затрат на электроэнергию, требующуюся на предварительный разогрев вновь поступившей биомассы и на ее продвижение вдоль корпуса, путем размещения цилиндрического корпуса вертикально и использования сил гравитации для перемещения сырь.

В результате поиска по источникам патентной и научно-технической информации совокупность признаков, характеризующих описываемый «Реактор для ускоренной аэробной твердофазной ферментации», нами не обнаружена. Таким образом, предлагаемое техническое решение соответствует критерию «новое».

На основании сравнительного анализа предложенного решения с известным уровнем техники можно утверждать, что между совокупностью отличительных признаков, выполняемых ими функций и достигаемой задачи предложенное техническое решение не следует явным образом из уровня техники и соответствует, по нашему мнению, критерию охраноспособности «изобретательский уровень».

Предложенное техническое решение может найти широкое применение в качестве универсального реактора для ускоренной переработки разных видов органики в удобрение.

На чертеже в разрезе изображена конструкция «Реактора для аэробной ферментации биомассы».

Реактор содержит термостатированный цилиндрический корпус 1, установленный вертикально, с трубой 2 загрузочного устройства для биомассы, заглубленной во внутрь корпуса, крышку 3 с выпускным патрубком 4, пресс-экструдер 5 для подготовки сырья, реверсивный электропривод 6, управляющий редуктором 7, соединенным с корпусом и вращающим посредством венцовой шестерни 8 кольцевую пустотелую трубу 9 мешалки с ее гребенкой 10, имеющей наклонные стержни с отверстиями для выхода кислородосодержащего газа, который от компрессора 11 через клапан 12 поступает на скользящую по поверхности трубы соединенную с корпусом муфту 13, а через клапан 14 газ поступает в поддон корпуса, имеющий перфорированную крышку 15.

Источник питания 16 посредством проводов, размещенных в изоляционной пластине 17, подключен к электродам из перфорированных металлических уголков 18, прикрепленных к пластине, причем уголки расположены ребрами кверху навстречу двигающейся биомассе, а между ребрами уголков размещена ершовая биоагрузка 19.

Первый циркуляционный насос 20 подключен между теплообменником 21 корпуса и теплоаккумулятором 22, с выхода которого низкотемпературное рабочее тело поступает в паровую турбину 23, соединенную с электрогенератором 24, и далее с выхода турбины через конденсатор 25 и второй циркуляционный насос 26 - в теплообменник теплоаккумулятора, замыкая таким образом низкопотенциальный контур рабочего тела. Готовый продукт выдается через разгрузочное устройство 27. Датчики давления, температуры, газоанализаторы и схема автоматики на чертеже не показаны.

Реактор для аэробной твердофазной ферментации биомассы работает следующим образом.

Сырье с регулируемой влажностью подается в корпус 1 через пресс-экструдер 5, крышку 3 и трубу 2 загрузочного устройства. В процессе постоянной работы весь внутренний объем корпуса заполнен сырьем полностью, а вновь подаваемая еще холодная порция биомассы остается в верхней части широкой трубы с диаметром 0,2...0,4 от размеров цилиндрического корпуса.

Реверсивный электропривод 6 посредством редуктора 7, закрепленного на корпусе,

и венцевой шестерни 8, принадлежащей кольцевой пустотелой мешалке 9, осуществляет ее вращение. Одновременно с компрессора 11 поступает кислородосодержащий газ через вентиль 12 и соединенную с корпусом муфту 13 скольжения в отверстия во внутрь кольцевой пустотелой трубы мешалки и выходит в биомассу через отверстия гребенки 10 мешалки. Через вентиль 14 газ также может подаваться в поддон корпуса, откуда он поступает в биомассу через перфорированный поддон 15. Горячий отработанный газ совместно с двуокисью углерода поднимается вверх, подогревает сырье в трубе 2 и выходит через выпускной патрубок 4 (движение газов в корпусе показано пунктирными линиями, а продвижение сырья - сплошными линиями). Стержни («зубья») гребенки имеют отклонения от вертикальной оси - загнуты под небольшим углом (10...15°), что способствует при ее реверсивном круговом движении перемещению биомассы в зоне гребенки в вертикальной плоскости и полному заполнению полостей корпуса, служащих, в том числе, накопителями колоний микроорганизмов, для их дальнейшей инокуляции во вновь поступающую биомассу.

Известно, что микробиологический процесс компостирования описывается кривой роста культуры микробов, состоящий из четырех фаз: лаг-фаза, фаза экспоненциального роста, стационарная фаза и фаза лизиса (отмирания) клеток [8].

Лаг-фаза - это длительный процесс саморазогрева биомассы. В предлагаемом устройстве этот период существенно сокращен за счет ее предварительного разогрева в трубе 2, нижний конец которой входит в начало зоны фазы экспоненциального роста бактерий. Вновь поступающая под действием силы тяжести новая порция сырья из трубы перемешивается гребенкой 10 мешалки и одновременно активно насыщается кислородосодержащим газом, поступающим из концов мешалки от компрессора 11 через открытый вентиль 12, муфту скольжения 13 и кольцевую пустотелую трубу 9 мешалки.

Начавшаяся в зоне расположения гребенки 10 мешалки фаза экспоненциального роста микробов продолжается при движении биомассы вниз в зоны расположения в корпусе электродов 18 и теплообменников 21.

Металлические перфорированные электроды 18 закреплены на изолированной пластине 17 (или нескольких пластинах) уголками кверху навстречу движения сырья, что предохраняет от разрушения размещенные в них ленты «ершовой биоагрузки» [9] для накапливания и усиленного размножения в них колоний микроорганизмов.

Кроме того, на попарно соединенные электроды 18 от источника питания 16 подан электропотенциал для электроудерживания бактерий [10, 11], что способствует перемещению микроорганизмов в зону электродов и проникновению их через перфорацию боковых стенок электродов к ершовой биоагрузке. В эту зону поступает также кислородосодержащий газ через вентиль 14 и поддон 15 корпуса.

В процессе твердофазной ферментации происходит разогрев биомассы до 70°C и более, что приводит к пережогу сырья. Для того чтобы регулировать температуру в этой зоне корпуса, введен теплообменник 21, подключенный через первый циркуляционный насос 20 к теплоаккумулятору 22, отбор тепла из которого производится замкнутым контуром с низкопотенциальным рабочим телом.

Рабочее тело, испаряясь в теплообменнике теплоаккумулятора, поступает на паровую турбину 23, которая вращает электрогенератор 24. После турбины рабочее тело в конденсаторе 25 превращается в жидкость и вторым циркуляционным насосом 26 возвращается в теплообменник теплоаккумулятора 22. Избыток полученной электроэнергии с генератора 24 поступает в сеть потребителей.

Ниже зоны расположения теплообменников 22 корпуса начинается стационарная

фаза жизни бактериальных клеток, переходящая в фазу лизиса бактерий.

Суммарная высота этих зон и степень готовности (полного превращения биосырья в компост) зависит от конструкции и технологии изготовления корпуса 1.

По предварительной договоренности с представителями ОАО «Авангард» для описанного «Реактора аэробной ферментации биомассы» предлагается использовать 5 утепленные емкости из композиционных материалов диаметром до 4-х метров, длиной секции 6 и более метров [12].

При башенном расположении корпуса загрузка его биосырьем будет представлять определенную проблему, поэтому подобную конструкцию, если это представляется 10 возможным, целесообразно располагать, например, в склоне холма или заглублять в землю. При достаточной высоте цилиндрического корпуса 1 полностью готовый продукт будет шнековым насосом выгружаться через разгрузочное устройство 27.

При другом варианте, когда высота корпуса недостаточна для полной ферментации биосырья, не полностью готовый продукт с температурой около 30°C выгружается 15 шнековым насосом с утепленным корпусом в утепленные емкости ОАО «Авангард», находящиеся в горизонтальном положении, для завершения стадии лизиса и полного превращения продукта в ценный компост.

Предлагаемый реактор позволяет ускорить процессы аэробной твердофазной ферментации, что дает возможность увеличить объемы перерабатываемого навоза, 20 помета и другого органического сырья.

#### ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ

1. Глазков И.К., Ковалев Н.Г., Туманов И.П. Способ переработки навоза на удобрение. Патент РФ №1813085, МК C05F 3/00, C05F 15/00 (аналог).
2. Егин Н.Л., Мирчетич С.М. Установка для переработки органических отходов в 25 удобрение. Авторское свидетельство СССР №1706423, МПК A01c 3/00 (аналог).
3. Ковалев Н.Г., Малинин Б.М., Туманов И.П. Способ приготовления компоста многоцелевого назначения. Патент РФ №2112764, МПК C05F 3/00 (аналог).
4. Рабинович Р.М., Ковалев Н.Г. Установка для приготовления компостов. Полезная модель №39599, МПК C05F 3/00 (аналог).
- 30 5. Рабинович Р.М. Совершенствование аэробной твердофазной ферментации органического сырья путем оптимизации технологических параметров производственного процесса. Докторская диссертация. Санкт-Петербург-Павловск, 2006.
6. Мягков М.И., Алексеев Г.М. и др. Описание изобретения к авторскому 35 свидетельству СССР №363523, МПК B02c 17/18 (прототип).
7. Аэробная ферментация при переработке ТБО [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ztbo.ru>. Раздел: переработка мусора.
8. Артамонов В.С., Иванюк Г.К., Журкович В.В. и др. Ресурсосберегающие технологии переработки твердых бытовых отходов жилищно-коммунального хозяйства, 40 обеспечивающие безопасность жизнедеятельности мегаполиса. Санкт-Петербург: «Гуманистика», 2008.
9. Экопромэкология. Ершова биозагрузка [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.epcs.ru/03](http://www.epcs.ru/03).
10. Гвоздяк П.И., Чеховская Т.П. Электроудерживание микроорганизмов // 45 Микробиология, т. XLV, 1976, вып. 5, с. 901-904.
11. Чеховская Т.П. Электроудерживание микроорганизмов в очистке воды. Диссертация доктора биологических наук. Киев, 1983.
12. Крупногабаритные изделия из стеклопластика. Продукция из пластмассы и резины



ОАО «Авангард» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.avangard-plastik.ru>.

### Формула изобретения

5 Реактор для аэробной ферментации биомассы, содержащий цилиндрический термостатированный корпус, загрузочное и разгрузочное устройства, выхлопной патрубок, электропривод с редуктором и компрессор для аэрации биомассы в корпусе, отличающийся тем, что в вертикально установленный корпус введены труба  
10 загрузочного устройства, соединенная через подшипниковые узлы с кольцевой пустотелой трубой мешалки, на выходе которой подключена гребенка с отверстиями для выхода кислородосодержащего газа, к кольцевой пустотелой трубе с возможностью вращения и с входными отверстиями присоединена муфта, соединенная через вентиль с компрессором, последний через другой вентиль соединен также с поддоном корпуса, оснащенным перфорированной крышкой, причем электропривод выполнен реверсивным и посредством редуктора соединен с венцовой шестерней на кольцевой пустотелой  
15 трубе, ниже гребенки в корпусе на изоляционной пластине расположены перфорированные уголковые электроды с размещенной в них ершовой биоагрузкой, подключенные к источнику питания, при этом корпус содержит теплообменник, соединенный вне корпуса через первый циркуляционный насос с теплоаккумулятором, теплообменник которого с низкотемпературным рабочим телом подключен к выходу  
20 турбины, выход ее через конденсатор низкопотенциального контура и второй циркуляционный насос соединен с теплообменником теплоаккумулятора, а труба загрузочного устройства выполнена с диаметром 0,2...0,4 от размеров цилиндрического корпуса для предварительного накопления новых порций поступающей биомассы и пропуска через нее отработанного горячего газа, крышка загрузочного устройства  
25 оснащена выпускным патрубком для горячих газов, а стержни гребенки у мешалки выполнены с отклонением от вертикальной оси на 10...15° для улучшения перемешивания биомассы.

30

35

40

45

Реактор для аэробной ферментации биомассы

